



# LA DESSALINITZACIÓ D'AIGÜES SALOBROSES I AIGUA DE MAR PER A INCREMENTAR EL RECURSOS HÍDRICS. AVANTATGES I INCONVENIENTS D'UTILITZAR AIGÜES DESSALINITZADES

Daniel PRATS RICO<sup>1</sup>  
Universitat d'Alacant

**Resum:** La solució a l'escassetat d'aigua en moltes conques i regions del món necessita de l'obtenció de nous recursos addicionals als que es deriven del cicle hídric, quan aquests són insuficients. Per aconseguir-ho són possibles tres actuacions: transvasaments des de conques excedentàries, reutilització d'aigües residuals i dessalinització d'aigües salobres i aigua del mar. En aquest article, després d'assenyalar els principals avantatges i inconvenients de cada actuació, s'hi desenvolupen els aspectes més significatius relacionats amb la dessalinització, demostrant la importància a escala mundial, a Espanya i a la província d'Alacant en particular. Es descriuen com a exemples il·lustratius xicotetes plantes utilitzades per a solucionar problemes de potabilitat en zones aïllades, i l'aplicació de dessalinització per a resoldre la disponibilitat d'aigua per a reg en el campus de la Universitat d'Alacant a Sant Vicent del Raspeig. Després d'una anàlisi sobre aspectes relacionats amb la qualitat d'aigua obtinguda, quantitat d'aigua disponible per a ser dessalada, gestió del recurs, impactes ambientals del procés i costos, es conclou que la dessalinització representa una alternativa per a incrementar els recursos d'aigua en zones deficitàries amb aigua de qualitat i per tant hauria d'incloure's en la planificació hidrològica de les conques deficitàries com a opció complementària d'aportació d'aigua, de manera contínua o puntualment en períodes d'escassetat.

**Paraules clau:** Dèficit hídric, dessalinització, situació la província d'Alacant, avantatges, impacte ambiental, costos.

**Title:** Backish water and sea water desalination as a means to increase water resources. Pros and cons of using desalinated water.

**Abstract:** The solution to the current water shortage in many river basins and regions of the world requires the provision of additional resources related to the water cycle (when the mentioned before are insufficient). Therefore, there

<sup>1</sup> Adreça de contacte  
prats@ua.es



are three possible proceedings: transfers from surplus to deficit basins, reuse of wastewaters and desalinization of brackish water and seawater. After pointing out the pros and contras of each proceeding, this article will develop the most significant aspects linked to desalinization in order to prove its importance in a worldwide scale and in Spain and the region of Alicante. The small plants that are used to make water drinkable in isolated areas are some of the illustrative examples that are given. The article also talks about the desalinization of the water as a solution for the irrigation problems at the campus of the University of Alicante. After analysing aspects such as the quality of the water obtained, the amount of water available for desalinization, resources management, environmental impacts of the process and expenses, the report concludes that desalinization is a good alternative to increase the water resources in deficit areas bringing quality water. Hence, desalinization should be included in the hydrological planning of basins that lack of water as a complementary option for the water supply (continually or occasionally in times of scarcity).

**Keywords:** hydrological deficit, desalinization, situation in the region of Alicante, advantages, environmental impact, expenses.

## 1. INTRODUCCIÓ

La majoria de recursos d'aigua que fem servir són renovables, ja que s'originen mitjançant el cicle natural de l'aigua, que com és ben conegut consisteix en el fet que l'energia del sol fa que s'evapore aigua dels mars i continents formant els núvols i, posteriorment, precipita l'aigua dolça en forma de pluja o neu. Els problemes sorgeixen de la desigual distribució geogràfica i temporal de les precipitacions, la qual cosa pot provocar grans desequilibris entre els recursos d'aigua disponibles i les necessitats. En la figura 1 es pot observar com es distribueix la precipitació mitjana en les diferents regions del món.

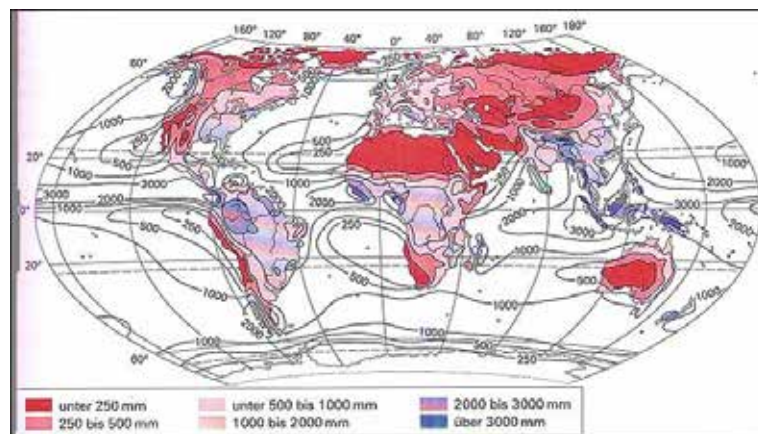


Fig. 1. Cicle global de l'aigua. Precipitacions mitjanes  
(font: SCHERTENLEIB i EGLI-BROŽ 2011).

Aquesta irregularitat en les precipitacions, juntament amb la desigual distribució de la població, el grau de desenvolupament i les múltiples activitats econòmiques regionals, porta a situacions diverses respecte de les necessitats d'aigua en les diferents regions del món. Ens podem trobar conques hidrogràfiques i regions on hi ha recursos suficients per a atendre totes les necessitats, mentre d'altres són deficitàries en major o menor mesura. Per a avaluar el grau d'escassetat, s'utilitza l'índex d'estrés hídric, en anglés Water Stress Index (WSI), que es calcula com el quocient entre totes les necessitats anuals d'aigua en una conca o regió geogràfica, incloses les ambientals, i tots els recursos mitjans renovables disponibles per a aquesta conca o regió. Si  $WSI > 0,4$  es considera que es donen condicions d'estrés hídric, és a dir, si les necessitats d'aigua per a tots els usos superen el 40% dels recursos naturals disponibles, es considera que es donen condicions d'escassetat. En el mapa de la figura 2 es mostra el WSI a escala mundial.

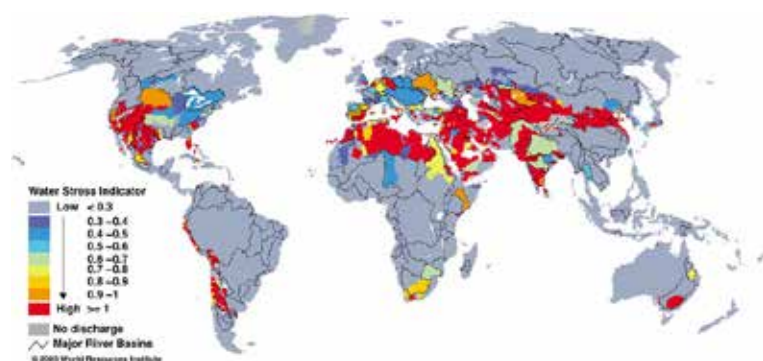


Fig. 2. Zones amb major estrés hídric al món. Valors del WSI  
(font: SMAKHTIN *et al.* 2014).

A escala europea, el WSI es pot observar amb major detall en la figura 3, en la qual s'aprecia que una gran part del territori espanyol està en situació de fort estrés hídric.

Els desequilibris hídrics tendeixen a accentuar-se a escala mundial. Es poden indicar una sèrie de causes de caràcter general: el creixement de la població i una major longevitat, el creixent desenvolupament de països amb gran població, les majors demandes de seguretat alimentària i benestar econòmic, els grans canvis demogràfics amb desplaçament de la població de l'entorn rural a l'urbà, la contaminació de les aigües, els períodes de sequera, la progressiva desforestació i desertització en moltes regions i les conseqüències imprevisibles del canvi

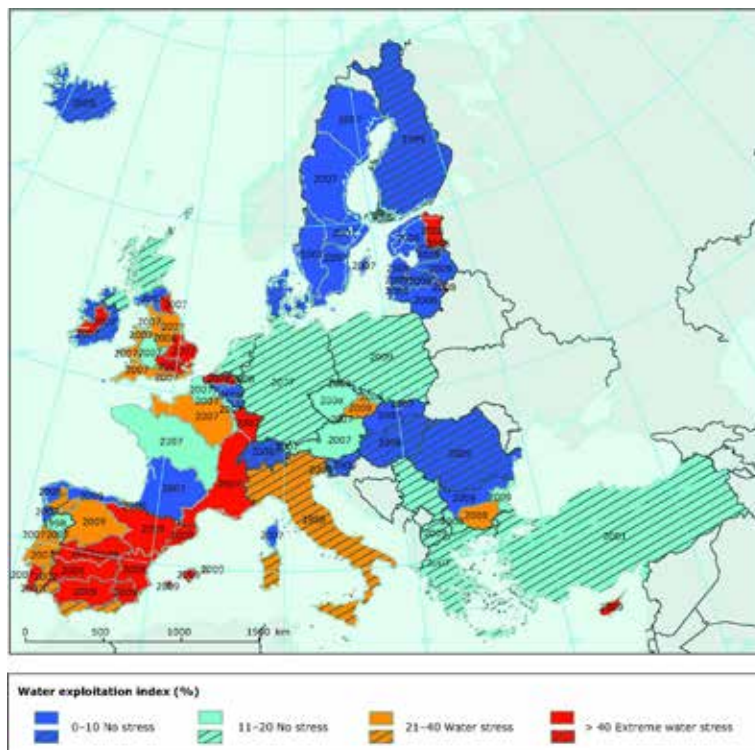


Fig 3. RWSI a la UE (font: WERNER i COLLINS 2012).

climàtic. Amb l'augment de l'escassetat d'aigua i la pressió sobre els recursos, es generen conflictes i problemes per a la seua administració, i hi ha major probabilitat que es contaminen les aigües, que s'originen problemes de salut, que es produïska el tancament d'activitats econòmiques com ara àrees de regadiu, etc.

Per a minimitzar o resoldre la problemàtica de l'aigua en les regions amb dèficit hídric caben dos tipus d'actuacions: gestionar millor l'aigua disponible i obtenir nous recursos que complementen els del cicle natural de l'aigua. La gestió apropiada dels recursos disponibles es basa fonamentalment a minimitzar les pèrdues en les xarxes de transport i emmagatzematge i a optimitzar els usos per a aconseguir la màxima eficiència amb el mínim consum (per exemple, el reg localitzat en agricultura, els equips domèstics de baix consum, les modificacions en processos industrials, etc.). L'increment de recursos és possible amb tres tipus d'actuacions:

- **Transvasament des de conques amb excedents.** Hi ha conques amb excedents, o siga amb més recursos d'aigua que necessitats.

Una primera acció que pareix raonable és equilibrar els recursos disponibles entre regions excedentàries amb els de les regions deficitàries mitjançant transvasaments o transferències d'aigua, sempre que es mantinguin els usos actuals i les expectatives de creixement de les regions que cedeixen recursos. L'àrea geogràfica que es contemple per a aquesta actuació pot ser tan extensa com es desitge, en funció de la despesa econòmica i mediambiental mínima. En general, els transvasaments impliquen una sèrie de problemes importants com són: l'avaluació de les necessitats reals de les conques cedents (sobretot les futures), la prioritització de les necessitats de la conca receptora en funció del benefici social i econòmic, l'avaluació de cabals ecològics, l'impacte ambiental de les obres sobre el medi físic, el consum energètic d'execució i d'operació, els costos d'execució i manteniment, l'oposició dels sectors socials i l'oposició dels sectors polítics.



- **Reutilització d'aigües residuals.** Després d'un tractament apropiat, les aigües residuals urbanes i industrials poden ser emprades novament per a usos diversos, en funció de la qualitat. Els avantatges de la reutilització són: permet incrementar els recursos hídrics a les zones on l'efluent depurat no s'utilitza; possibilita substituir alguns usos de l'aigua natural de qualitat amb aigües regenerades; redueix l'aportació de contaminants a les zones d'abocament; en alguns casos, pot contribuir a l'estalvi energètic, bé per a evitar la necessitat d'aportar cabals d'aigua des de zones allunyades, o bé per a substituir a recursos d'aigua que comporten majors consums energètics (per exemple, la dessalinització d'aigua de mar o l'extracció de pous profunds); i, en cas d'ús per a regadiu, permet aprofitar els elements nutritius continguts en l'aigua depurada. També cal citar alguns inconvenients, principalment de tipus econòmic, que són els costos associats a garantir-ne la qualitat i permetre'n la disponibilitat a les zones de consum (emmagatzematge i transport).
- **Dessalinització d'aigües salobreses i aigua de la mar.** La dessalinització consisteix bàsicament a obtenir aigua dolça a partir d'aigua de mar o d'aigües salobreses (que per l'alta salinitat no són directament utilitzables), tal com es mostra en la figura 4. En tots els casos, a més de l'aigua dolça, s'obté un altre cabal d'aigua que conté les sals separades, en una concentració major que la inicial, que es denomina rebuig. Els processos que s'empren industrialment poden basar-se en l'evaporació per a obtindre vapor de l'aigua o en l'ús de membranes per a separar les sals de l'aigua.



Fig. 4. Esquema bàsic d'un procé de dessalinització (elaboració pròpia).

Actualment el procediment més utilitzat a escala mundial, també a Espanya, es basa en l'osmosi inversa, que fa servir membranes semipermeables per a obtenir un corrent d'aigua dolça a través de la membrana, lliure de sals i contaminants químics i microbiològics.

Així doncs, per a resoldre o minimitzar la problemàtica a les zones amb dèficit hídric, cal plantejar inicialment diverses opcions: transvasament, reutilització i/o dessalinització. Cada una d'aquestes opcions presenta una sèrie d'avantatges i inconvenients, per la qual cosa no se n'ha d'assenyalar una com a preferent, ja que dependrà de la ubicació de la zona deficitària i dels usos que requerisquen els cabals addicionals. En molts casos pot ocórrer que fan falta els tres tipus d'actuacions i aquestes es poden complementar entre si, com ocorre a la província d'Alacant, receptora del transvasament Tajo-Segura i del Xúquer-Vinalopó, amb un gran potencial de reutilització instal·lat i amb moltes dessalinitzadores operatives, algunes de gran capacitat.

## 1. IMPORTÀNCIA DE LA DESSALINITZACIÓ A ESCALA MUNDIAL

La població mundial actual està arribant als 7.500 milions d'habitants i previsiblement superarà els 9.600 milions l'any 2050 (DeSA, UN, 2013). Naturalment les necessitats d'aigua i aliments continuaran creixent en paral·lel a l'augment de la població. En l'actualitat l'aigua dessalinitzada ja està resolent molts problemes de subministrament d'aigua de qualitat en zones deficitàries. La dessalinització està present en més de cent països, amb al voltant de 15.000 plantes de producció d'aigua d'aquest tipus, la majoria a l'Orient Mitjà i al nord d'Àfrica. Tenint en compte les perspectives de creixement de la població, i que gran part s'establirà en la franja costanera, pareix raonable estimar que la producció d'aigua dessalinitzada haurà de continuar augmentant per a fer front a l'increment de la demanda. L'evolució de capacitat de pro-



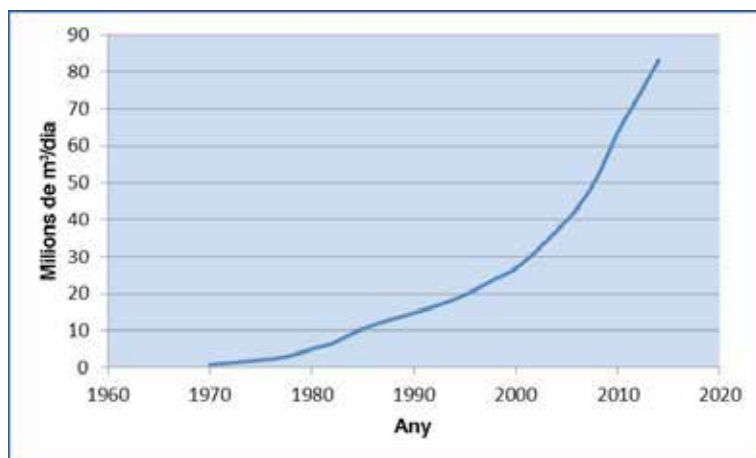


Fig. 5. Producció acumulada d'aigua dessalinitzada a escala mundial (elaboració pròpia; dades d'IDA Desalination Yearbook, 2015).

ducció d'aigua dessalinitzada al món es mostra en la figura 5. A finals de 2015 la capacitat global de producció d'aquesta aigua se situava en 86,6 milions de m³/dia, o siga 86,6 hm³/dia (IDA Desalination Yearbook, 2015).

Els 10 països amb major capacitat instal·lada són, per aquest ordre: Aràbia Saudita, Emirats Àrabs, Estats Units, Espanya, Xina, Israel, Kuwait, Austràlia, Índia i Algèria (ZOTALIS *et al.*, 2014). L'aigua que se sotmet a dessalinització pot tenir orígens diversos, tal com es mostra en la figura 6. Encara que la majoria procedeix d'aigua de la mar, resulta molt significatiu l'alt percentatge que ja té la dessalinització d'aigües residuals, la qual cosa clarament va orientat a la reutilització de les mateixes.



Fig. 6. Procedència de l'aigua que es dessala (adaptat d'IDA Desalination Yearbook, 2015).

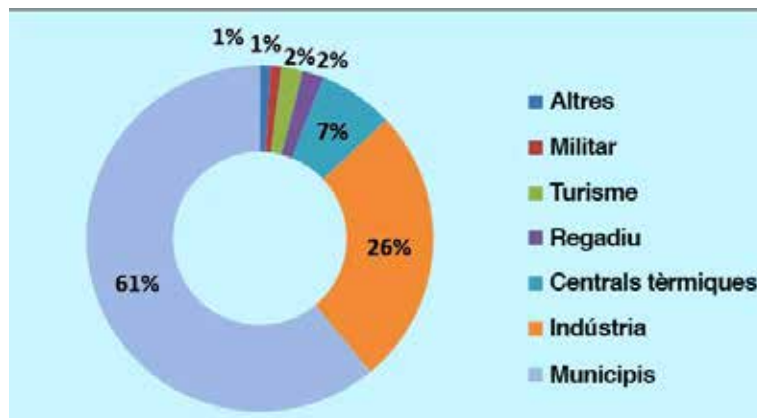


Figura 7. Usos de l'aigua dessalinitzada  
(adaptat d'IDA Desalination Yearbook, 2013).

Els usos a què es destina l'aigua dessalinitzada són molt variats, tal com es mostra en la figura 7. El major percentatge és per a abastiment de municipis, seguit de l'ús industrial i en centrals tèrmiques. Cal destacar que un 2% de l'aigua dessalinitzada (quasi 2 hm<sup>3</sup>/dia) s'empra per a regadiu.

## 2. LA DESSALINITZACIÓ A ESPANYA

La primera dessalinitzadora d'Europa amb una producció significativa es va instal·lar a Lanzarote el 1964, amb la tecnologia de destil·lació flux multietapa i una producció de 2.500 m<sup>3</sup>/dia. El 1992 es va posar en marxa la primera planta de la península Ibèrica, al Cap de Gata (Almeria), amb una producció de 1.500 m<sup>3</sup>/dia i amb la tecnologia d'osmosi inversa. Des de 1964, segons dades de l'Associació Espanyola de Dessalinització i Reutilització (AEDYR), s'han instal·lat a Espanya més de 800 sistemes de dessalinització, amb una capacitat global superior a 5.000.000 m<sup>3</sup>/dia. Açò converteix a Espanya en el cinquè país en nombre de dessalinitzadores del món i en un país punter en el desenvolupament d'aquestes tecnologies. Els procediments majoritaris que s'han anat instal·lant són: compressió de vapor (VC), destil·lació en múltiple efecte (MED), destil·lació flux multietapa (MSF), electrodiàlisi (ED), nanofiltració (NF) i osmosi inversa (OI). En la figura 8 es mostren els percentatges de producció instal·lada corresponents a cada procés.

Com es pot observar, l'osmosi inversa és, amb gran diferència, la tecnologia més àmpliament utilitzada. La majoria d'instal·lacions basades en processos d'evaporació, VC, MED i MSF es troben no operatives



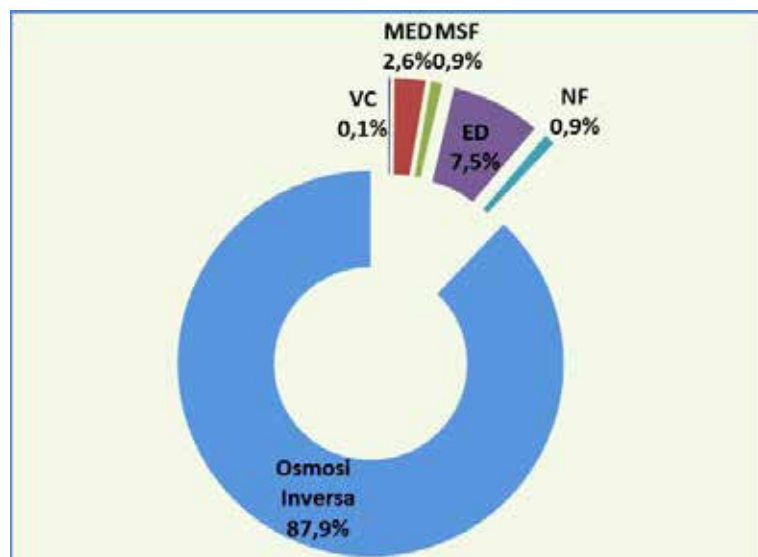


Fig. 8. Tecnologies de dessalinització instal·lades a Espanya.  
Percentatge de producció per tècnica instal·lada.

en l'actualitat, ja que van ser substituïts per osmosi inversa, tècnica que consumeix menys energia per a la producció de l'aigua dessalinitzada. El nombre de plantes en funcionament supera les 700, encara que la majoria són de capacitat xicoteta. Hi ha unes 120 plantes amb producció unitària superior a 10.000 m<sup>3</sup>/dia, que representen el 80% de la capacitat total instal·lada. Les dessalinitzadores de major capacitat de producció són les d'osmosi inversa de Torrevella (Alacant) i Àguiles (Múrcia), amb 240.000 i 210.000 m<sup>3</sup>/dia respectivament, que tracten aigua de mar; i la d'electrodiàlisi d'Abrera (Barcelona), amb 200.000 m<sup>3</sup>/dia de capacitat, que tracta aigües salobres del riu Llobregat. Aproximadament el 70% de les aigües dessalinitzades són aigua de mar i el 30% restant aigua salobre de procedències diverses. Cal indicar que s'està incrementant l'aplicació de la dessalinització a aigües residuals per a facilitar-ne la reutilització, com és el cas de les depuradores de Racó de Lleó (Alacant) i Benidorm. Els usos de l'aigua són majoritàriament per a abastiment a poblacions, encara que una part important va per a regadiu, per al qual hi ha previst fins a un 15% de la producció total.

Ja fa prou anys que les empreses espanyoles van adquirir molta experiència en la construcció i operació de les plantes dessalinitzadores, i els seus mecanismes de finançament, la qual cosa va facilitar-ne la internacionalització i una presència rellevant en el mercat mundial, amb la



qual cosa s'han adjudicat algunes de les plantes més importants a escala global. Cal citar a les empreses Sadyt (filial de Sacyr), Acciona Agua, Cadagua (del grup Ferrovial), Aqualia (filial de FCC) o Ecoagua, que estan situades en el *top* de les 20 empreses més importants del sector al món.

### 3. DESSALINITZACIÓ A LA PROVÍNCIA D'ALACANT

Des que el 1991 es va posar en marxa la planta dessalinitzadora del riu Racons a Dénia per a resoldre els problemes de salinitat i contaminació de les seues aigües, s'han instal·lat moltes plantes a la província d'Alacant amb grandàries diverses que tracten aigües d'origens diferents, l'aigua dessalinitzada de les quals s'aplica a usos de tota mena. Per exemple, per a resoldre problemes puntuals d'abastiment en petites poblacions, cal citar les plantes de reduïda producció (5 a 50 m<sup>3</sup>/dia) promogudes per la Diputació Provincial que es van instal·lar des de fa vora 20 anys en municipis amb problemes de potabilitat i, així, resoldre l'excés de salinització, de nitrats o d'altres contaminants en les fonts de subministrament disponibles. Les plantes van funcionar durant bastants anys (en alguns casos segueixen operatives) fins que es va resoldre el problema d'abastiment a la localitat per connexió a una xarxa en alta, o bé es van substituir per unes altres plantes majors. En la taula 1 s'indiquen alguns dels municipis on s'han instal·lat plantes i en la figura 9 se'n mostra la ubicació.

Localitat	Habitants (2012)	Problemàtica	Capacitat (m <sup>3</sup> /dia)	Anys operació	Situació actual
Aigües	1.105	Salinitat	10	1992-2010	Connexió a xarxa
L'Alguenya	1.527	Salinitat	10	1992-2010	Connexió a xarxa
Barba-roja	212	Salinitat	5	1994-1998	Substitució
			50	Des de 1998	Operativa
Beniarbeig	1.902	Nitrats	8	1992-2004	Nova planta 500 m <sup>3</sup> /dia
Benitatxell	5.698	Salinitat	30	1992-2002	Nova planta 4.000 m <sup>3</sup> /dia
Busot	3.412	Salinitat	10	1992-2010	Connexió a xarxa
Els Poblets	3.404	Nitrats	20	Des de 1991	Operativa
El Verger		Nitrats	10	1989-2002	Nova planta de 2.000 m <sup>3</sup> /dia
			15	1996-2002	
El Fondó dels Frares	1.238	Salinitat	5	Des de 1993	Operativa
Ondara	6.657	Nitrats	50	1988-2004	Nova planta 4.000 m <sup>3</sup> /dia

Taula 1. Petites plantes potabilitzadores d'osmosi inversa promogudes per la Diputació Provincial d'Alacant (elaboració pròpia a partir de dades subministrades per la Diputació).



Fig. 9. Ubicació de les poblacions amb potabilitzadora d'osmosi inversa promogudes per la Diputació Provincial d'Alacant (elaboració pròpia).

Les instal·lacions van resoldre el problema amb dotacions que pretenien cobrir les necessitats de boca i d'elaboració d'aliments en l'àrea d'influència. Les plantes s'instal·laven com a fonts públiques on cada veí podia acudir a omplir els seus recipients. El volum dispensat es controlava amb una fitxa o targeta individualitzada per a cada usuari. En la figura 10 es mostren imatges de la planta instal·lada al Fondó dels Frares, encara en funcionament.

Existeixen també una gran quantitat de plantes de petita o mitjana capacitat i d'iniciativa privada que habitualment tracten aigües amb excessiva salinitat per a poder emprar les tractades en usos diversos, fonamentalment regadiu. Moltes d'aquestes plantes han sigut promogudes per cooperatives de regants, com la Comunitat de Regants Santo Domingo a Bigastre (5.200 m<sup>3</sup>/dia) i Operativa 2000 SL a Benferri (865 m<sup>3</sup>/dia), o per empreses productores, com BONNYSA Agroalimentaria (4.300 m<sup>3</sup>/dia). També s'han

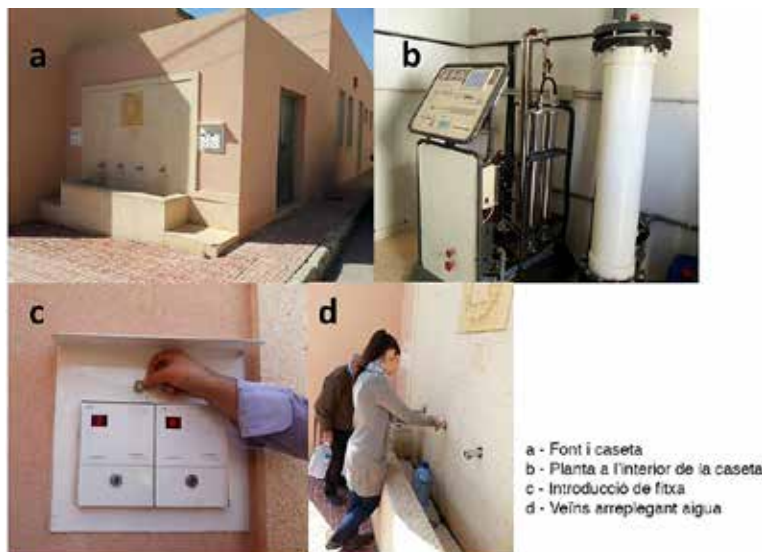


Fig 10. Planta potabilitzadora al Fondó dels Frares.

construït per a reg de camps de golf, com a Xeresa Golf, Benidorm (4.200 m<sup>3</sup>/dia). Fins i tot es fa servir la dessalinització per a obtenir aigües de qualitat per a processos industrials, com en Colebega Coca-Cola a Alacant (750 m<sup>3</sup>/dia). Un exemple il·lustratiu de l'aplicació de dessalinització per a resoldre la disponibilitat d'aigua per a reg es pot contemplar del campus de la Universitat d'Alacant a Sant Vicent del Raspeig. El 1968 va començar a funcionar el Centre d'Estudis Universitaris (CEU) d'Alacant, als pavellons



Fig. 11. Fotografia de l'aeròdrom militar de Rabassa, a Sant Vicent del Raspeig.

del campament militar que custodiava l'antic aeròdrom militar de Rabasa, dels quals es mostra una fotografia aèria en la figura 11.

A l'octubre de 1979, va ser creada la Universitat d'Alacant sobre l'estructura del CEU, a la superfície que ocupava el campament militar, que apareix tancat en la fotografia. Posteriorment el campus va anar urbanitzant-se, es van crear espais verds i a més va duplicar la seua superfície fins a aconseguir més de 600.000 metres quadrats, 505.000 metres quadrats d'àrees verds i 103.000 metres quadrats de superfície útil repartits entre les edificacions que el conformen. Naturalment per a tot això fa falta una dotació important d'aigua. Entre 1990 i 1995 Espanya va patir una important sequera, amb gran repercussió en el sud-est, que va tindre conseqüències fins i tot amb restriccions en l'aigua potable. Va ser tan greu que hotels de Benidorm adquirien aigua des de pous privats per a assegurar el subministrament (bótes de 10.000 litres es venien a 5.000 pessetes). Davant del creixement del campus i les seues grans necessitats d'aigua, i tenint en compte la sequera i les que podrien vindre en el futur, es va buscar una solució per mitjà de la dessalinització, ja que es tenien referències sobre la presència en el campus d'aigües subterrànies salobres. Es va trobar un aquífer excedentari poc profund (10-16 m) amb aigua salobre d'elevada salinitat (conductivitat 6.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), que impedeix el seu aprofitament, ni tan sols com a aigua de reg. Es va construir una planta dessalinitzadora de 450  $\text{m}^3/\text{dia}$  que es va posar en marxa el 1996 i que durant 20 anys ha sigut emprada per al regadiu del campus, amb el resultat que es mostra en la figura 12, en què s'observa l'aspecte actual (Google Maps), juntament amb una imatge de 1987.

D'aquesta experiència es poden extraure les consideracions següents:

- En els vint anys d'operació, la instal·lació ha funcionat de forma estable, només ha requerit d'operacions de manteniment i reparació normals.



Fig 12. El campus de la Universitat d'Alacant, fotografia de 1987 i actual (Google Maps). La zona emmarcada assenyalava la superfície inicial del CEU.





- Entre 1997 i 2014, s'han substituït 1.900.000 m<sup>3</sup> d'aigua potable per aigua dessalinitzada i aigua salobre de pou, a un cost mitjà de producció (exclòs el personal) de 0,17 €/m<sup>3</sup>, la qual cosa representa un estalvi de 2.685.000 €. Si es considera una despesa de personal de 45.000 €/any, el benefici econòmic seria de 1.875.000 €.
- Tenint en compte que el cost d'instal·lació de la planta va ser de 60 milions de pessetes (360.000 €), el benefici net total de l'actuació fins al 2014 ha sigut superior a 1.500.000 euros.
- Des del punt de vista ambiental s'ha substituït un volum important d'aigua potable per aigua salina procedent d'un aquífer excedentari, amb un consum energètic de l'orde d'1 kWh/m<sup>3</sup> utilitzat. L'aigua potable substituïda prové de MCT (Taibilla + transvasament Tajo-Segura), pous de l'Alt Vinalopó i la dessalinització d'aigua de mar, en tots els casos amb un consum energètic molt superior.
- Es manté el regadiu del campus amb recursos propis, al marge de les situacions climàtiques.
- Des del punt de vista social, les instal·lacions són sovint visitades per alumnes de Secundària i Primària en els seus recorreguts pel campus de Sant Vicent, en els quals se'ls explica el cicle de l'aigua al campus. Des del punt de vista docent, les instal·lacions són explicades als alumnes dels cursos superiors de grau i postgrau de la UA, en les assignatures relacionades amb els recursos alternatius i complementaris d'aigua. Des del punt de vista investigador, les instal·lacions serveixen per a projectes d'investigació relacionats amb la dessalinització i amb la qualitat de l'aigua obtinguda.

A més de les dessalinitzadores de grandària xicoteta i mitjana i d'iniciativa privada, Alacant compta amb 11 plantes amb capacitat superior a 5.000 m<sup>3</sup>/dia, fet que representa un gran potencial de dessalinització (529.500 m<sup>3</sup>/dia, equivalents a quasi 200 hm<sup>3</sup> a l'any), tal com s'arregla en la taula 2.

Ubicació	Capacitat m <sup>3</sup> /dia	Posada en marxa	Tipus d'aigua	Usos	Observacions
Dénia	21.300	1991	Salobre del riu Racons	Municipal	Promoguda per l'ajuntament. Construïda per Acciona Agua - PRO-SEIN amb capacitat inicial de 16.000 m <sup>3</sup> /dia. La planta es va ampliar per Aqualia a la capacitat actual.
Bigastre	5.200	1996	Salobre	Regadiu	Promoguda per la Comunitat de Regants Santo Domingo i construïda per ACS.



## La dessalinització d'aigües salobres i aigua de mar...

Calp	6.000	1999	Salobre d'aquífer	Municipal	Promoció pública. Construïda per Veolia Environmet.
Dénia	10.000	2002	Salobre d'aquífer	Municipal	Promoció pública. Construïda per Veolia Environmet. Les instal·lacions s'han anat ampliant fins a la capacitat actual.
Beniadlà	8.000	2002	Salobre d'aquífer	Municipal	Promoció pública. Construïda per Veolia Environmet.
Alacant (Canal d'Alacant I)	65.000	2003	Mar	Municipal	Promoguda per la Mancomunitat de Canals del Taibilla (MCT), la dessalinitzadora es va construir amb 50.000 m <sup>3</sup> /dia de capacitat per Acciona Agua - Necso - Cadagua - Ferrovia. El 2006 es va ampliar a la capacitat actual per Cadagua - Infilco - Acciona Agua.
Alacant (Canal d'Alacant II)	65.000	2006	Mar	Municipal	Promoguda per MCT, va ser construïda per LPI, OHL, GS-Inima i Sampol. Juntament amb la dessalinitzadora Canal d'Alacant I, les aigües tractades es gestionen mitjançant la xarxa d'alta de la MCT.
Benidorm (Estació depuradora d'aigües residuals)	25.000	2006	Residual	Regadiu	Promoguda per l'Entitat de Sanejament de la Comunitat Valenciana, va ser construïda per Drace Medioambiente. Les aigües tractades són gestionades pel Consorci d'Aigües de la Marina Baixa.
Alacant (Estació depuradora d'aigües residuals del Racó de Lleó)	34.000	2009	Residual	Regadiu	Promoguda per l'Entitat de Sanejament de la Comunitat Valenciana, va ser construïda per Cadagua. Les aigües tractades són gestionades per la mateixa depuradora.
Torrevella	240.000	2013 (fase de proves)	Mar	Municipal i regadiu	Promoguda per Acuamed dins del programa AGUA, va ser construïda per Acciona Agua i Acciona Infraestructuras.
Mutxamel	50.000	2015	Mar	Municipal i regadiu	Promoguda per Acuamed dins del programa AGUA, va ser construïda per Degremont, Drago Sub, Rover Alcisa i Acsa Obras e Infraestructuras.



Taula 2. Dessalinitzadores de la província d'Alacant amb capacitat instal·lada superior a 5.000 m<sup>3</sup>/dia (elaboració pròpia, dades d'AEDYR).



Cal assenyalar que les dessaladores de Torrevella (la major d'Europa) i de Mutxamel s'han retardat molt des que van ser adjudicades les obres (2007 i 2009, respectivament) a causa de múltiples problemes administratius. Actualment són gestionades per Acciona Agua (Torrevella) i Sadyt (Mutxamel).

#### 4. AVANTATGES I INCONVENIENTS DE LA DESSALINITZACIÓ PER OSMOSI INVERSA

Cal assenyalar els avantatges següents:

- **Qualitat de l'aigua excel·lent i constant, apropiada per a tots els usos.** En efecte, l'aigua producte ha de travessar una membrana semipermeable que actua com a barrera selectiva enfront de microorganismes, macromolècules, tòxics, etc., tal com es pot apreciar en l'esquema de la figura 13.
- **Recurs il·limitat per a l'aigua de mar.** Si es compara amb uns altres recursos, encara que depèn de cada situació, respecte a aigües subterrànies es pot dir que a les zones amb dèficit hídric molts dels aquífers estan esgotats o salinitzats i uns altres sobre-explotats; i respecte d'aigües superficials, en molts casos són de baixa qualitat i els cabals són molt limitats.
- **Gestió local del recurs.** Una planta dessalinitzadora és una «fàbrica d'aigua» que es pot instal·lar de la grandària que es precise en qualsevol ubicació on existisca aigua salobre o aigua de mar, i tinga disponibilitat per a evacuar apropiadament els rebutjos. Per tant, es poden buscar ubicacions pròximes a les zones de consum i subministrar l'aigua dessalinitzada «a demanda» dels usuaris.

Els principals inconvenients són:

- **Consum d'energia.** El consum d'energia per a la dessalinització varia en funció de la qualitat de l'aigua a tractar. Si es conside-

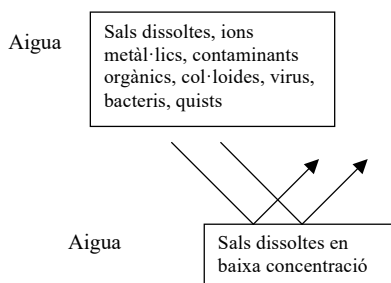


Fig. 13. Retenció de sals i contaminants per la membrana (elaboració pròpia).

ren únicament els processos per a l'obtenció d'aigua dolça dins de la planta dessalinitzadora, els consums poden variar entre uns 1,2 kWh/m<sup>3</sup> per a aigua salobre d'uns 5 g/L de sals dissoltes, i 3,5 kWh/m<sup>3</sup> si es tracta d'aigua de mar. La importància relativa d'aquests consums pot avaluar-se si es compara amb l'energia que fa falta per a disposar d'altres béns necessaris com a aliments, vestits, vivenda, calefacció i refrigeració, educació, transport, oci, etc. Així per exemple, l'energia necessària per a obtenir del mar tota l'aigua que es consumeix en una vivenda familiar de 4 persones (600 L/dia) seria equivalent a la de connectar 1-2 hores l'aire condicionat o la calefacció de la casa, o recórrer 14 km amb un cotxe elèctric. També es pot comparar amb unes altres alternatives d'abastiment, com els transvasaments: el consum energètic mitjà per al transvasament Tajo-Segura és d'1,2 kWh/m<sup>3</sup>, per al Xúquer-Vinalopó, en el traçat actual, 2,5 kWh/m<sup>3</sup> i per al projectat transvasament de l'Ebre 2,7 kWh/m<sup>3</sup>.



- **Abocament de rebuïjos.** El rebuïg conté les sals que s'han separat de l'aigua tractada i ha de ser convenientment evacuat. En el cas d'aigua de mar aquest corrent pot contenir fins a 70 g/L de sals (l'aigua de mar conté 39 g/L). Cal indicar que es tracta de les mateixes sals que hi ha en la mar, no d'altres agents tòxics o contaminants, ja que les aigües de neteja de membranes es depuren en la mateixa planta. Per tant, l'evacuació al mar dels rebuïjos únicament tindrà afecció per excés de salinitat en les proximitats del punt d'abocament, on hi haurà unes zones, de major o menor extensió en funció de les condicions fluïdodinàmiques, en les quals la concentració de sals serà major. Els efectes negatius seran, doncs, molt locals i poden afectar espècies sensibles a l'excés de salinitat. Ja es coneix quina és la concentració salina que suporten espècies que s'han de protegir, com la posidònia oceànica, per la qual cosa l'abocament es fa a suficient distància perquè no hi haja afecció negativa. En conseqüència aquest aspecte d'impacte ambiental pot considerar-se resolt amb un disseny apropiat.
- **Cost de l'aigua dessalinitzada.** Per al procés d'obtenció d'aigua dolça en una planta dessalinitzadora es poden conèixer perfectament les despeses de producció. Açò no sempre és així en aigües d'una altra procedència; per exemple, no es coneixen els costos associats a l'ús d'infraestructures públiques com les xarxes o embassaments necessaris per a les aigües superficials o els de reposició ambiental quan s'empren aigües d'aqüífers sobre-



explotats. En el cas de dessalinització els costos comprenen un ampli ventall, ja que depenen de la salinitat de l'aigua emprada (a major salinitat, major consum energètic), de la presència de contaminants en l'aigua (una aigua de pitjor qualitat exigeix pretractaments més costosos), de la grandària (a major grandària, els costos unitaris són menors), de l'actuació per a l'abocament (hi ha abocaments a peu de platja i altres que exigeixen emissaris de diversos quilòmetres) i del coeficient d'utilització (la planta pot treballar al 100% de la seua producció nominal o a percentatges menors si no s'utilitza de forma contínua). Es poden considerar intervals de costos típics de 0,5-1,0 euros/m<sup>3</sup> quan es dessala aigua de mar i de 0,2-0,5 euros/m<sup>3</sup> quan es des-salen aigües salobroses.

## 5. CONCLUSIÓ

La dessalinització d'aigües salobroses, aigua de mar i aigües residuals representa una alternativa per a incrementar els recursos d'aigua en zones deficitàries. La tecnologia d'osmosi inversa és robusta i està prou provada, permetent dessalinitzar aigües de qualsevol procedència. La qualitat de l'aigua obtinguda permet la utilització per a usos domèstics, agrícoles i industrials. Els factors que la limiten són el consum energètic i les despeses, per la qual cosa en cada cas caldrà comparar amb unes altres alternatives si són possibles: per a ús urbà amb transvasaments i per a ús agrícola i industrial amb reutilització i transvasaments. Per tant, la dessalinització s'hauria d'incloure en la planificació hidrològica de conques deficitàries com a opció complementària d'aportació d'aigua constant o puntual en períodes d'escassetat.

## BIBLIOGRAFIA

- DESA, UN (2013), *World population prospects: the 2012 revision*, Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, Nova York.
- IDA DESALINATION YEARBOOK (2013), *Yearbook 2013-2014*, Global Water Intelligence.
- IDA DESALINATION YEARBOOK (2015), *Yearbook 2015-2016*, Global Water Intelligence.
- SCHERTENLEIB, M. H. - EGLI-BROŽ, H. (2011), *Globale Klimatologie: Meteorologie, Wetterinformation und Klimatologie*, Compendio Bildungsmedien AG.
- SMAKHTIN, V. - REVENGA, C. - DÖLL, P. (2004), «A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity», *Water International*, 29 (3), p. 307-317.

WERNER, B. - COLLINS, R. (2012), «Towards efficient use of water resources in Europe», *EEA Report*, 1.

ZOTALIS, K. - DIALYNAS, E. G. - MAMASSIS, N. - ANGELAKIS, A. N. (2014), «Desalination Technologies: Hellenic Experience», *Water*, 6 (5), p. 1.134-1.150.

